

**REGION  
LA REUNION**

**CIRAD - EMVT  
FRANCE**

**RAPPORT DE MISSION**

**APPUI A L'OPERATION : « MODELISATION ECONOMIQUE DES  
EXPLOITATIONS BOVINES A LA REUNION »**

**DU 17 AU 27 JUIN 2003**

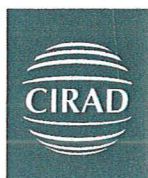
---

**PAR**

**VERONIQUE ALARY**

**Rapport CIRAD-EMVT N°2003-034**

**Septembre 2003**



**CIRAD-EMVT  
TA 30/ A  
Campus international de Baillarguet  
34398 Montpellier Cedex 5  
FRANCE**

© **CIRAD-EMVT 2003**

Tous droits de traduction, de reproduction par tous procédés, de diffusion  
et de cession réservés pour tous pays.

**AUTEUR(S) : Véronique Alary**

**ACCES AU DOCUMENT :**

- Service de Documentation du Cirad  
(bibliothèque de Baillarguet)

**ORGANISME AUTEUR : Cirad -Emvt**

**ACCES A LA REFERENCE DU DOCUMENT : Libre**

**ETUDE FINANCEE PAR : Cirad - Pôle Élevage**

**AU PROFIT DE : LA REGION**

**TITRE : APPUI A L'OPERATION : « MODELISATION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION LAITIER ET ALLAITANT A LA REUNION » Rapport N°2003-034.**

**TYPE D'APPROCHE :** (i) Participation au Symposium régional sur les Ruminants-Développement d'une approche de la prise en compte de la durabilité des exploitations dans un modèle de comportement des exploitants ; (ii) Application de la méthode de ressemblance pour étudier les trajectoires d'exploitation.

**DATE ET LIEU DE PUBLICATION : Septembre 2003, Montpellier, France**

**PAYS OU REGIONS CONCERNES : La Réunion**

**MOTS CLES : Modèle, Environnement, Méthode de ressemblance**

**RESUME :**

La mission a été réalisée dans le cadre de l'opération de modélisation économique des exploitations bovines, programmée dans les activités de recherche du contrat Plan Etat-Région (CPER) 2000-2006. Les objectifs de la mission étaient : 1) Participation au Symposium Régional sur les Ruminants ; 2) Participation au Conseil Scientifique du Pôle Elevage - La Réunion ; 3) Encadrement d'un stage sur l'application de la méthode de ressemblance pour analyser les trajectoires d'exploitations.

L'analyse théorique sur la prise en compte de la durabilité des systèmes par l'intégration d'indicateurs environnementaux dans la fonction objectifs semble ouvrir des perspectives sur une utilisation plus large du modèle de comportement des exploitants laitiers à des problématiques plus environnementales. Parallèlement, le classement de l'ensemble des exploitations laitières de la SICA Lait dans des groupes prédéfinis par une typologie sur un échantillon restreint va permettre d'approcher l'impact régional de certains changements techniques ou politiques sur la filière lait.

# SOMMAIRE

I. INTRODUCTION : OBJECTIFS DE LA MISSION	5
II. DEROULEMENT DE LA MISSION	5
III. PRESENTATION DES PREMIERS RESULTATS THEORIQUES SUR L'APPROCHE DE LA DURABILITE DES SYSTEMES D'EXPLOITATIONS LAITIERS	6
IV. APPLICATION DE LA METHODE DE RESSEMBLANCE POUR LE CLASSEMENT DE L'ENSEMBLE DES EXPLOITATIONS - QUELQUES RESULTATS	16
V. PERSPECTIVES-CONCLUSION	19
VI. BIBLIOGRAPHIE	20
VII. PERSONNES RENCONTREES	21
ANNEXE 1 : DESCRIPTION DES POLES D'AGREGATION	23
ANNEXE 2 : LISTE DES VARIABLES POUR L'ACTUALISATION DES MODELES	30



## **I. INTRODUCTION : OBJECTIFS DE LA MISSION**

La mission a été réalisée dans le cadre de l'opération de modélisation économique des exploitations bovines, programmée dans les activités de recherche du contrat Plan Etat-Région (CPER) 2000-2006. Les objectifs de la mission étaient :

- 1) Participation au Symposium Régional sur les Ruminants ;
- 2) Participation au Conseil Scientifique du Pôle Elevage - La Réunion ;
- 3) Encadrement d'un stage sur l'application de la méthode de ressemblance pour analyser les trajectoires d'exploitations.

## **II. DEROULEMENT DE LA MISSION**

- 10 Juin : Arrivée à St Denis. Présentation au Symposium Régional sur les Ruminants :  
**« Comment approcher la durabilité agroécologique des systèmes d'élevage laitiers à La Réunion dans les modèles de comportement basés sur la programmation mathématique ? »**
- 11 Juin : Travail et programmation des activités avec Emilie Nataf, stagiaire de deuxième année de l'INA Paris-Grignon
- 12 juin : Travail avec J. Le Petit (SICA Lait) sur l'intégration d'un module compost dans le modèle ; visite de JF. Houreau, producteur laitier de la Plaine des Cafres
- 13 juin : Réunion du Pôle Elevage à St Denis ; Visite de J. Marianne, Producteur laitier de la Plaine des Palmistes.
- 14 juin : travail avec Emilie Nataf : préparation des clés typologiques
- 16 - 20 juin : Participation au Conseil Scientifique

- 19 juin : Elaboration de l'échantillon dans le cadre du stage de Emilie Nataf sur l'étude des trajectoires d'exploitation entre 2000 et 2003. Rencontre avec J. Le Petit (SICA Lait), P. Thomas (U-AFP) et J. Bony (Pôle Elevage- La Réunion).

### **III. PRESENTATION DES PREMIERS RESULTATS THEORIQUES SUR L'APPROCHE DE LA DURABILITE DES SYSTEMES D'EXPLOITATIONS LAITIERS**

#### **III.1. Présentation au Symposium Régional sur les Ruminants et au Conseil Scientifique du Pôle Elevage**

Le travail de modélisation du fonctionnement des différents types d'exploitations laitières à La Réunion permet aujourd'hui de simuler les effets de changements techniques et économiques sur la viabilité des exploitations, en tenant compte des risques climatiques et agronomiques. Cependant, face aux enjeux environnementaux, les éleveurs peuvent être amenés à changer leur système de conduite de l'élevage. Leurs réponses vont dépendre : (i) des moyens de production et du mode de fonctionnement de l'exploitation, lié étroitement à sa localisation qui détermine le domaine des options techniques possibles ; (ii) de la pression foncière existante sur l'exploitation, (iii) de l'organisation territoriale des activités, (iv) du poids des aides dans la stabilité financière de l'exploitation, et (v) de la perception de l'environnement par les éleveurs.

Une réflexion collective dans le cadre du programme Productions Animales (CIRAD-Emvt) et à l'occasion du Symposium a porté sur : « **Comment approcher la durabilité agroécologique des systèmes d'élevage laitiers à La Réunion dans les modèles de comportement basés sur la programmation mathématique ?** ».

Les articulations entre contraintes économiques et financières et la gestion bio-technique du système d'élevage dans le modèle permettent déjà d'appréhender les effets de changements des politiques agricoles sur quelques indicateurs de performances environnementales. A partir de ces indicateurs, ont été proposées des hypothèses sur la façon dont l'éleveur perçoit la gestion de son environnement. Ces hypothèses, qui constituent autant de pistes de réflexion

pour la recherche et le développement, ont été testées à l'échelle d'une exploitation et présentées au Conseil Scientifique.

### 3.1.1. De la gestion bio-technique à l'élaboration d'indicateurs environnementaux

Le modèle de programmation mathématique développé à La Réunion vise à représenter le processus de décision des éleveurs. Cette approche est basée sur l'optimisation (maximisation ou minimisation) d'une fonction objectif(s) sous un ensemble de contraintes bio-physiques, agroclimatiques, socioéconomiques et financières. Dans le cadre de l'élevage bovin, les décisions de conduite du troupeau ou d'entretien des prairies s'inscrivent dans des horizons de planification très variés, le plus souvent supérieurs à 3 années. En outre, à l'intérieur de cet horizon, les décisions à un moment donné vont dépendre des décisions antérieures qui ont modifié le système. Pour prendre en compte l'ensemble de ces phénomènes, un modèle dynamique de type multipériodique récursif a été développé et validé pour 6 systèmes d'exploitations représentant la diversité des systèmes sur l'île (Alary *et al.*, 2001; Louhichi *et al.*, 2002).

On se propose à partir de la question de développement relative à la gestion des effluents, un des co-produits de l'activité d'élevage, d'ébaucher des hypothèses sur la façon de formaliser la prise en compte de l'environnement dans l'analyse de la durabilité des exploitations laitières à La Réunion. Tout d'abord, partant des données de gestion technico-économique de l'exploitation, on s'est proposé d'analyser le bilan global et l'efficacité azotée comme des indicateurs généraux de l'impact sur l'environnement (Stilmant *et al.*, 2000), et ceci en reconstituant les pools d'entrées et de sorties d'azote de l'exploitation selon la matrice proposée par Goussef *et al.* (2001) (Tableau 1). Il s'agit pour l'instant d'un bilan simplifié qui ne tient pas compte ni des exportations ou importations possibles de matière organique ni des pertes par volatilisation ou autres processus. A partir des données du bilan, l'efficacité azotée (Eff) une année donnée  $y$  est définie, selon Stilmant (2000), par le rapport entre la quantité d'azote (N) exportée et importée :  $Eff_{ye} = N_{\text{exporté}, ye} / N_{\text{importé}, ye}$ . On peut aussi calculer le solde global d'azote restant sur le territoire de l'exploitation (NExcess) à la fin de l'année  $ye$ , en rapportant le bilan azoté à la surface agricole utile (SAU) :  $NExcess_{ye} = (N_{\text{importé}} - N_{\text{exporté}}) / SAU$



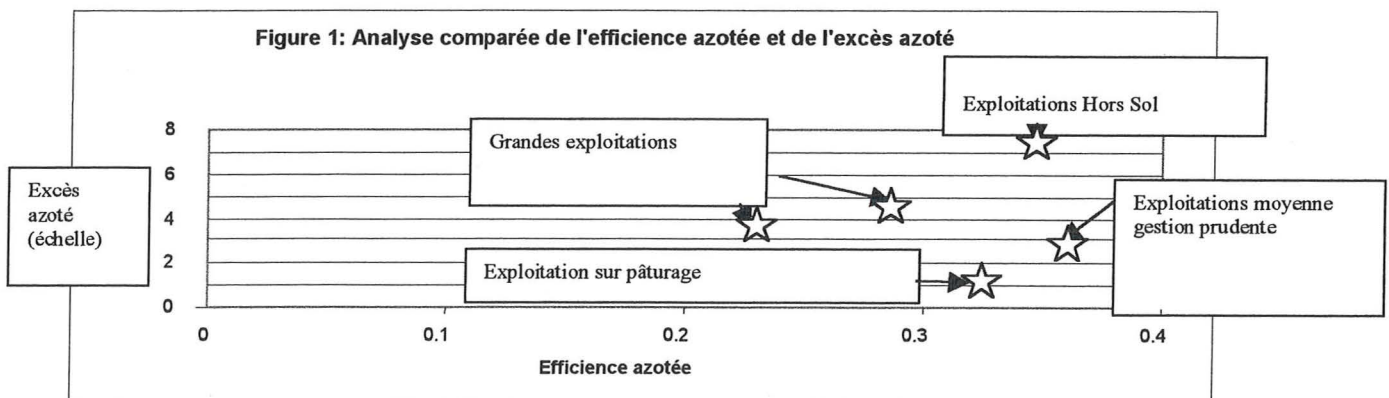
Tableau 1 : Entrées et sorties

Entrées Azote	Sortie Azote
Achat de concentrés : $\sum_{c,f} CONC_{c,ex} * VALIM^{PDIN^c} * \alpha$	Vente de concentrés : $\sum_{c,f} VCONC_{c,ex} * VALIM^{PDIN^c} * \alpha$
Achat Fourrages : $\sum_{Fou,f} ACHATF_{Fou,ex} * VALIM^{PDIN^f} * \alpha$	Vente Fourrages : $\sum_{Fou,f} VENTE_{Fou,ex} * VALIM^{PDIN^f} * \alpha$
Fertilisation : $\sum_{Fou,ame,t,cp,f} TERC_{fou,ame,t,cp,f} * (FERTA_{ame,fou} + FERT_{fou,cp}) * \beta$	Vente lait : $\sum_{ani,gen} PLAIT_{ani,gen,f} * \lambda$
Achat animaux : $\sum_{ani,gen} ACHATANI_{ani,gen,f} * Poids_{ani,gen} * AniN_{ani}$	Vente animaux : $\sum_{ani,gen} VENTANI_{ani,gen,f} * Poids_{ani,gen} * AniN_{ani}$

c: type de concentré ; f: type d'exploitation ; fou : type de fourrage ; ame : renouvellement ou pas de la prairie ; t : technique de récolte, cp : nombre de coupes ; ani : type d'animal selon le stade physiologique ; gen : potentiel génétique des animaux.  
 CONC : quantité de concentré achetée ; ACHATF/VENTEF : achat de fourrages ; VALIM : valeur PDIN des aliments ; TERC : surface exploitée ; FERTA : fertilisation selon que la prairie est renouvelée ou pas en début de saison ; FERT : fertilisation après chaque coupe en fonction du mode d'exploitation ; ACHATANI/VENTANI : achat et vente des animaux ; POIDS : poids des animaux ; PLAIT : vente lait en litres  
 $\alpha$  : on suppose un pourcentage de 16% d'azote par unité de MAT (Matière azotée totale) et 80% de digestibilité de la MAT ;  $\beta$  : quantité d'N/ kg de fertilisant selon la composition des fertilisant ;  $\lambda$  : quantité d'azote par litre de lait (on suppose un lait à 4.5% de taux de protéine et 6.03% d'azote / unité de protéine lait) ;  $\mu$  : quantité d'azote importée par Kg poids vif (on suppose qu'un Kg de poids vif contient 50% de muscle à 28% de protéine, SOURCE).

### Présentation de quelques résultats

Les résultats montrent que l'efficacité est relativement élevée, comparée aux taux voisins de 0.16 calculés en Europe (Van Keulen *et al*, 1996). Le bilan azoté par hectare se situerait en moyenne autour de 217 kg/hectare (Gousseff *et al.*, 2002), mais avec des écarts notable entre systèmes d'exploitation (Figure 1). On observe bien évidemment de forts écarts entre les systèmes extensifs des Hauts de l'Ouest basés sur le pâturage de Kikuyu et les systèmes quasiment hors-sol.



L'analyse croisée par exploitation de l'efficience azoté et de l'excès azoté montre qu'il n'y a pas de corrélation simple entre ces deux indicateurs. Mais ces résultats montrent que l'on pourrait dès à présent approcher l'influence des conduites d'alimentation et des modes de production sur ces indicateurs environnementaux et tester différents scénarios pour analyser les changements sur les comportements ou la prise de décision des éleveurs. Le modèle s'avère donc un moyen approprié pour intégrer la dimension environnementale et analyser la durabilité des systèmes, à côté de la recherche de viabilité et de stabilité du système famille-exploitation.

### **3.1.2. Quel schéma conceptuel pour représenter le processus de décision ?**

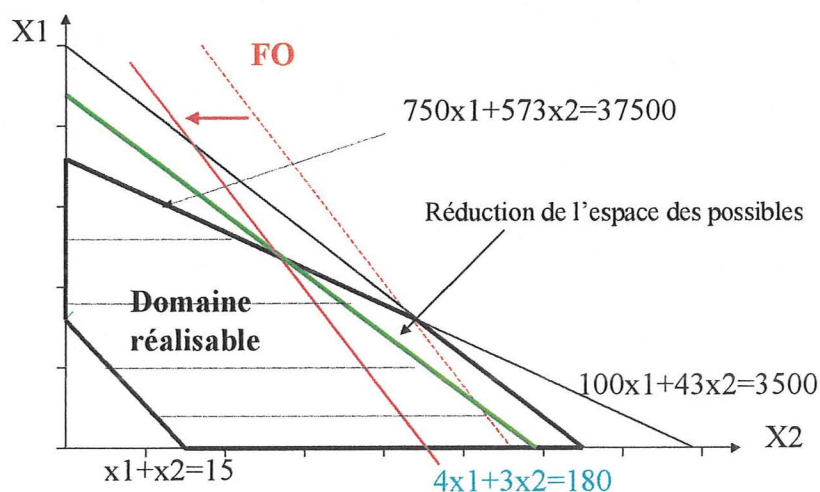
Dans le cadre de la nouvelle politique agricole, les décisions de production selon un modèle préconisé par les mesures agro-environnementales « d'éco-conditionnalités » vont dépendre à la fois du montant de l'aide qui vient en compensation à la perte en production ou en revenu induite par la nouvelle réglementation (norme), et des choix ou objectifs personnels visés. Pour intégrer ces mesures dans le modèle développé à la Réunion, plusieurs façons sont envisageables.

#### **a) Hypothèse 1 : les normes comme des contraintes**

Dans le cas où les normes environnementales sont considérées comme des contraintes, il faut fixer des seuils pour chaque norme ce qui va rétrécir l'espace des possibles pour les éleveurs. A titre d'exemple, pour le bilan azoté cette contrainte peut s'écrire comme suit :  $N_{Excess_{ye}} < Seuil_N$  où  $N_{excess}$  est l'excès azoté de l'année  $ye$  calculé de façon endogène par le modèle en fonction des décisions d'achat et de vente d'animaux, des décisions de fertilisation -en fonction du nombre de coupes- et des décisions d'achat ou vente de fourrages et aliments concentrés et  $Seuil$  est le seuil de l'excès azoté fixé par la norme. Graphiquement, si l'on suppose un ensemble de 2 activités ( $X_1$ ,  $X_2$ ), l'addition d'une nouvelle contrainte (signalée en vert sur le graphique 2) réduit l'espace des possibles avec un déplacement de la fonction objectif. Dans le graphique 3, est représentée la surface épandable en compost pour différents tarifs de la tonne de compost en supposant que des aides peuvent alléger les charges des exploitants. La contrainte porte sur la réduction de l'excès azoté par hectare cultivable. Ainsi pour un type d'exploitation, cette nouvelle contrainte va inciter à augmenter la surface

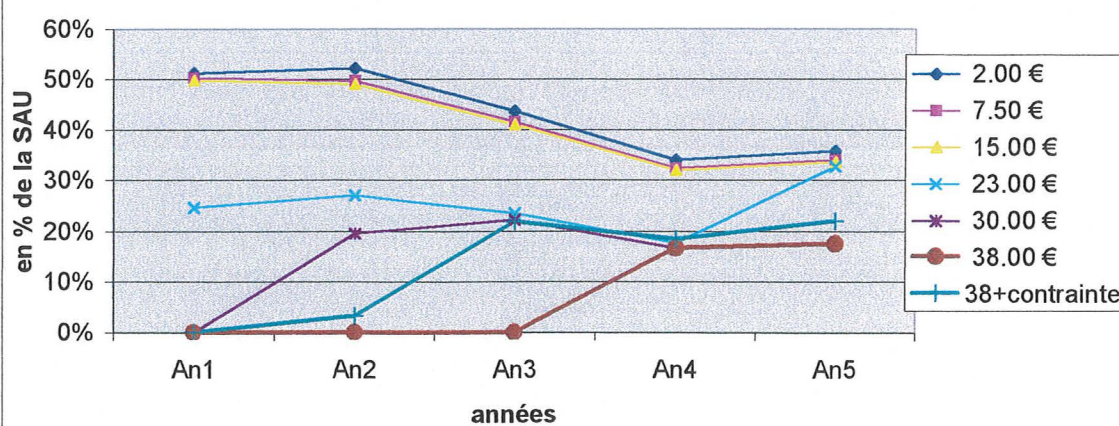
épandable dès la troisième année pour un coût de production de 38 € la tonne de compost, contre la quatrième année pour le scénario sans la contrainte (Graph. 3).

**Graph 2: Maximiser le revenu sous la contrainte de répondre aux normes**



C3

**Graph 3: Evolution de la surface épandable pour différents prix du compost et pour une grande exploitation**





**Hypothèse 2 : Le respect des normes environnementales est perçu comme un objectif en soi car il constitue une condition nécessaire à la durabilité du système.**

Dans ce cas, la recherche d'une solution optimale, impliquerait une intégration, au moment de la prise de décision, de tous les objectifs : économiques, techniques, environnementaux,... Pour formaliser le problème dans le cas où l'éleveur cherche à maximiser son revenu tout en minimisant le risque et l'excès azoté, deux méthodes sont proposées :

a) La première méthode, dite Goal Programming Model (GP), vise à minimiser la déviation entre les buts à atteindre et la réalisation (Ignizio, 1978). Appliquée à notre objet étude, les fonctions relatives à chaque objectif s'écriraient :

$$(1) B_1 = \sum_{t=1}^T \text{Revenu} + n_1 - p_1 = \text{RevenuObjectif}$$

$$(2) B_2 = \sum_{t=1}^T \frac{(\text{Import} - \text{Export})}{SAU} + n_2 - p_2 = \text{ExcèsN}$$

Pour chaque but, deux variables sont incluses :  $n_i$  qui mesure l'écart négatif à la valeur à satisfaire et  $p_i$  qui mesure l'écart positif à cette valeur. Si l'on suppose que, pour un type d'exploitation, le revenu visé annuel (appelé *RevenuObjectif*) est de 30000 €/an et l'excès azoté (*ExcèsN*) de 150 kg/hectare, en pondérant proportionnellement les déviations par rapport à chaque but, l'objectif recherché revient à minimiser la somme des variables de déviation de chaque objectif, soit :

$$(4) U = \alpha_1 \frac{n_1}{30000} \cdot 100 + \alpha_2 \frac{p_2}{150} \cdot 100$$

Le principal inconvénient de cette méthode est la fixation de valeurs à satisfaire dans le processus de décision.

b) Les méthodes de programmation multi-objectifs (appelées MOP) visent à générer un ensemble de solutions efficaces qui tiennent compte des multiples objectifs combinés dans une seule fonction avec un système de coefficient de pondération. (Romero & Rehman, 1989). La détermination de la matrice de gains ou de « pay-off » constitue le point de départ de toute analyse multi-objectifs. Cette matrice consiste à optimiser chacun des objectifs séparément tout en calculant les valeurs que prennent les autres objectifs dans chacune des solutions optimales. Elle nous indique les points idéal et anti-idéal de chaque objectif ainsi que leurs intervalles de variation (cf. tableau 2)



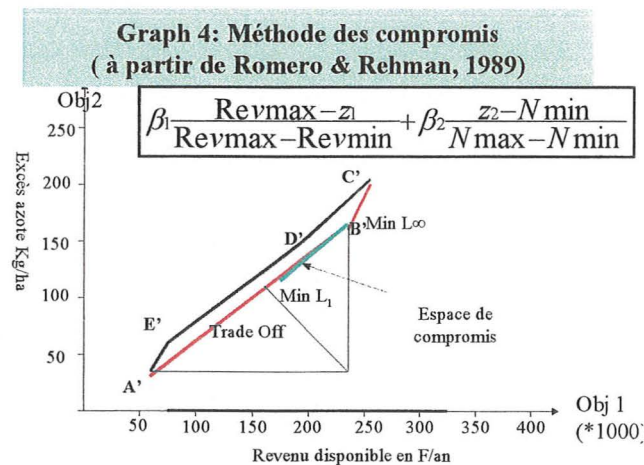
Tableau 2 : Exemple d'une matrice de « pay-off »- Exemple théorique

	Revenu disponible (FF)	Excès azoté (Kg/ha)	Point sur le graph 4
Max Revenu disponible	260 000	200	C'
Min Excès azoté	60 000	40	A'

La solution idéale qui répond à tous les objectifs est déterminée par la diagonale de la matrice. Cependant, cette solution est rarement atteinte du fait des relations contradictoires parfois conflictuelles entre les objectifs. Diminuer l'excès azoté peut entraîner une diminution de l'efficacité azotée ou encore la rentabilité économique de l'exploitation à court terme. La méthode dite « méthode de compromis », se base sur le concept de la fonction distance et vise à minimiser l'écart ou la distance entre le point idéal et chaque solution (Romero et Rehman, 1989). Mathématiquement, cette méthode pourrait s'écrire comme suit (Piech, 1993) :

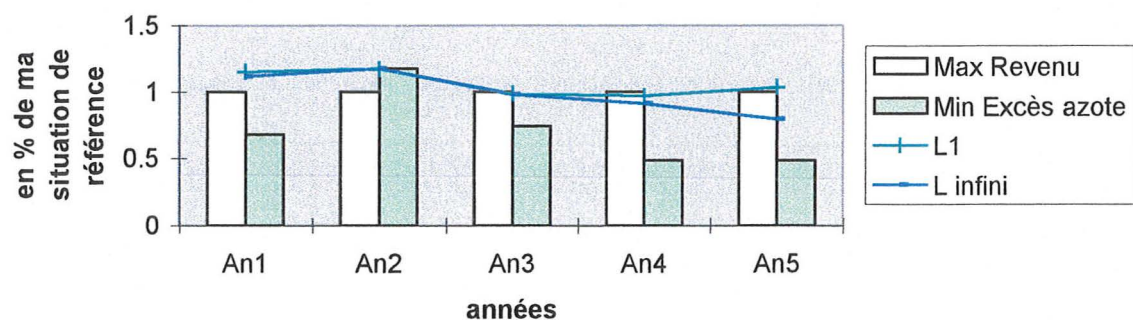
$$(7) \text{ Min } L_1 = \beta_1 \frac{260000 - z_1}{260000 - 60000} + \beta_2 \frac{z_2 - 40}{200 - 40}$$

où graphiquement on peut représenter la zone de compromis en projetant les solutions optimales sur un plan combinant les deux objectifs (obj1, obj2) (Graph 4).

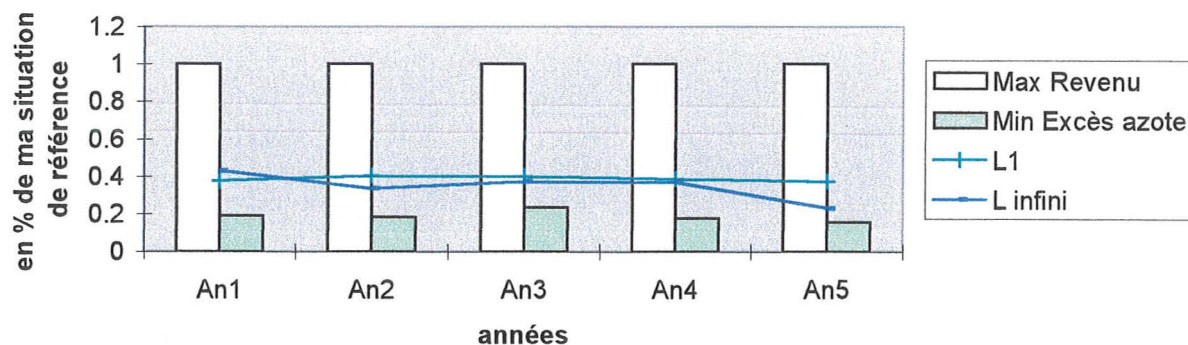


Appliqué à une exploitation type, on voit qu'il existe des solutions qui combinent les deux objectifs, augmenter le revenu et diminuer le bilan azoté. D'ailleurs grâce au compost, l'exploitant pourrait maintenir son revenu comme dans la situation de références (graph. 5) et réduire son excès azoté de près de moitié (graph. 6).

**Graph 5 : Méthode de compromis pour une exploitation laitière- Revenu**



**Graph 6 : Méthode de compromis pour une exploitation laitière- Bilan azoté**



Donc il existe des moyens de formaliser la complexité des objectifs des éleveurs et de simuler l'impact de différents changements sur les décisions des éleveurs. Mais le passage de la formulation à l'application nécessite de prendre en compte l'ensemble des phénomènes physiques et biologiques qui régissent les flux d'azote à court et à long terme.

### III.2. Discussions

Si ces premiers indicateurs environnementaux permettent d'aborder la composante agro-écologique de la durabilité des systèmes d'élevages, leur validation nécessite une approche fine de la ressource et de son utilisation par l'animal : données de composition intrinsèque de la matière disponible, réellement ingérée et déféquée par les animaux, bilans saisonniers de masses et de qualités de ressources disponibles, de charges animales, conduite de l'alimentation, devenir des litières, etc. (Lecomte *et al.*, 2003). Pour l'instant les coefficients azotés utilisés dans le modèle résultent d'un ensemble de sources européennes, et qui ne tiennent pas compte des spécificités réunionnaises.

En outre dans une approche dynamique, il faudrait aussi tenir compte des effets bénéfiques et de substitution de la matière organique naturelle et des fertilisants chimiques. Dès lors, le flux d'azote entre les différents compartiments de l'exploitation (animal, fosse, surface fourragère) s'inscrit dans le temps avec des effets différenciés à court et long terme et sur un espace à géométrie variable selon les conditions d'échanges économiques et sociaux.

La présentation des premiers résultats aux producteurs comme auprès des agents de la coopérative laitière (SICA Lait) soulèvent toutefois un certain intérêt dans le cadre de leur réflexion pour intégrer les enjeux environnementaux. Différentes options discutées avec les agents de la coopérative (notamment sur les coûts de production du compost et du fumier) et avec les éleveurs en matière de pratique de l'épandage du lisier montrent la complexité de ces questions et la nécessité d'une analyse fine des pratiques de gestion des effluents, qui peuvent être considérés à la fois comme des déchets ou comme des fertilisants selon les saisons, la localisation de l'exploitation (avec des opportunités d'épandage hors exploitation), et la taille du foncier. Parfois, selon les caractéristiques de l'exploitant (chargement, localisation des parcelles et de la fosse à lisier), ces effluents peuvent venir à manquer dans une stratégie de minimisation du recours aux fertilisants chimiques.



Aussi si le modèle représente un outil utile dans une démarche de compréhension des choix techniques et économiques des éleveurs compte tenu de leur système, seule une approche relativement fine des mécanismes biologiques peut permettre de calculer de manière précise un bilan.

On voit se dessiner la nécessité de coupler des approches :

- i) D'une part, un système à compartiment qui prend en compte les différentes options techniques possibles et leur effet sur le compartiment suivant. Par exemple, le recyclage des effluents en prairie après compostage peut permettre de diminuer la facture d'engrais et le bilan des entrées d'azote minérale, etc.
- ii) D'autre part, l'introduction de ce panel d'options techniques dans le modèle de programmation mathématique permettrait d'approcher avec les méthodes de programmation multi-critères ou multi-objectifs les solutions les plus efficaces pour chaque type d'exploitation i.e. les solutions qui tiennent compte de la viabilité des exploitations et durabilité des systèmes.

En l'absence de telles études, il ne peut s'agir que d'une approche théorique. Aussi le modèle pourrait être considéré comme un instrument pour évaluer les effets de changements techniques (mise en place d'une unité de compost, techniques d'épandage du lisier) sur la durabilité des systèmes d'exploitation, en incorporant la dimension sociale et économique et ce à partir de modèles bio-techniques axés sur la ressource et l'animal.

#### IV. APPLICATION DE LA METHODE DE RESSEMBLANCE POUR LE CLASSEMENT DE L'ENSEMBLE DES EXPLOITATIONS - QUELQUES RESULTATS

Aujourd'hui, six modèles d'exploitation ont été validés pour représenter le comportement des exploitants laitiers et simuler les effets de changements techniques ou politiques sur le devenir de la filière. La validation et la calibration ont été réalisées sur une exploitation représentant le mieux un type d'exploitation, sachant que 6 types d'exploitation ont été identifiés à partir de l'analyse de la diversité des systèmes d'exploitation laitiers à La Réunion. Les **types d'exploitation** ont été identifiés à partir d'un double processus : (i) analyse factorielle et (ii) validation progressive des types par la coopérative. Le type est donc constitué par un ensemble d'exploitations présentant des critères de structure et de fonctionnement voisins.

Pour étudier l'impact de changements, qu'ils soient techniques ou politiques sur la production laitière à l'échelle de l'île, il est indispensable de connaître l'importance de chaque type dans la population d'éleveurs laitiers. En outre, le classement de l'ensemble des exploitations doit nous permettre de vérifier que les 6 types étudiés représentent bien l'ensemble des exploitations laitières sur l'île.

Parallèlement, les simulations effectuées aujourd'hui sont basées sur les situations des exploitations en 1999. La comparaison des résultats de simulation en 2002 avec les résultats de terrain permettent d'évaluer l'outil sur le moyen terme mais aussi d'analyser les trajectoires potentielles des types d'exploitations.

Ainsi l'analyse des trajectoires d'exploitations entre 1999 et 2002, comme la validité de la typologie sur l'ensemble des exploitations, constituent le stage d'Emilie Nataf, étudiante de deuxième année d'INA-PG.

Un premier travail de classement de l'ensemble des exploitations a été réalisé à partir de :

- (i) l'enquête réalisée par l'U-AFP en 2003 auprès de 111 exploitations représentant l'ensemble des exploitations à l'exception des exploitations des Hauts de l'Ouest,
- (ii) des types d'exploitation identifiés en 2000 sur la base d'une enquête approfondie auprès de 32 exploitations.

Pour affecter chaque exploitation à un type donné, a été utilisée la méthode de la typologie par agrégation (Perrot, Landais, 1993). Le principe de cette méthode est le rattachement de chaque exploitation à un pôle d'agrégation, défini avec les experts de la filière. Ces pôles d'agrégation sont donc des types fictifs construits avec les experts de la filière. Dans notre

cas, les types ont été définis par les méthodes d'analyse factorielle, puis validés avec les agents du développement (SICA Lait, U-AFP, EDE, etc.). Ces types sont alors considérés comme **des pôles d'agrégation** et les principaux critères de différenciation des pôles sont issus de l'analyse typologique. On a choisi les 15 premiers critères les plus discriminants de chaque type et ce à partir de la typologie ascendante hiérarchique. Pour pouvoir utiliser l'enquête de l'U-AFP, on a dû ne retenir que les critères de structure et de fonctionnement et laisser de côté les critères économiques qui pouvaient jouer un rôle important pour certains types. Ainsi les pôles d'agrégation ont été définis à partir de la typologie par un ensemble d'indicateurs discriminants avec les seuils associés et le poids de la variable dans l'explication du pôle (Annexe 1). L'annexe 1 représente donc les 6 pôles d'agrégation construits à partir de la typologie.

Ensuite pour les 111 exploitations enquêtées en 2003 (U-AFP), ont été calculés des coefficients de ressemblance globale vis-à-vis des 6 types. Ce coefficient de ressemblance de l'exploitation  $i$  au pôle (ou au type)  $j$  ( $CRP_{i,j}$ ) s'écrit :

$$CRG_{k,i,j} = \sum_j X_{i,j} p_j$$

Avec  $X_{i,j}$  : le seuil affecté au critère discriminant  $j$  pour l'exploitation  $i$  pour le pôle  $k$ ;  $p_j$  : le poids relatif du critère  $j$  pour définir le pôle d'agrégation.

Les exploitants dont les coefficients sont élevés pour un pôle donné ( $k$ ) ont été successivement classés dans les types d'exploitation.

Le classement de l'ensemble des exploitations confrontées aux connaissances des agents de la filière SICA Lait et de l'U-AFP met déjà en évidence des tendances d'évolution.

L'exploitation la plus représentative du type 5, qui regroupe les petites exploitations en voie de stabilisation, se retrouve à présent dans le type 4 des exploitations sur forte contrainte foncière. Si l'on analyse l'évolution des exploitations de ce type 5, on remarque que certaines se retrouvent dans le type 1, des moyennes exploitations qui ont trouvé une certaine stabilité financière, et le type 4 qui rassemble les exploitations caractérisées par une forte contrainte foncière. A la différence de ce groupe, le type 2 qui rassemble les grandes exploitations de plus de 55 vaches laitières présentes est resté relativement homogène.

Pour les nouvelles exploitations (non enquêtées en 2000), certaines ont des coefficients très élevés qui permettent de les affecter facilement à un type. D'autres, par contre, ont des coefficients relativement faibles pour l'ensemble des types. Ainsi en relation avec les agents



de la filière, il sera nécessaire d'expliquer ces faibles coefficients et voir si ces exploitations constituent de nouveaux types.

A partir de ce travail de rassemblement des exploitations dans les types, 24 exploitations ont déjà été identifiées avec la SICA Lait, soit 4 exploitations par type dont deux déjà enquêtées en 2000 et deux nouvelles.

Il s'agit d'une part d'analyser la trajectoire des exploitations entre 1999 et 2002 pour les exploitations déjà enquêtées en 2000 et d'autre part de voir dans quelle mesure on peut facilement classer l'ensemble des exploitations et ce à partir des deux nouvelles exploitations enquêtées dans chaque groupe.

Pour confronter la méthode par les coefficients de ressemblance et la méthode à dire d'expert qui consiste à demander à un expert de la filière d'affecter chaque exploitation à un type selon sa connaissance des exploitations, on a comparé le classement des exploitations. Dans le tableau 3, on peut lire que 50% des exploitations classées dans le type 1 par l'expert se retrouvent dans le pôle 1 (qui représente le type 1) par la méthode d'agrégation.

Tableau : Répartition des exploitations entre le classement par la méthode de ressemblance (pôle) et la méthode à dire d'expert (type) (sur 105 exploitations hors les Hauts de l'Ouest)

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Pôle 1	<b>50%</b>			18.75%	
Pôle 2	8.8%	<b>83.3%</b>	14.3%		
Pôle 3		8.3%	<b>64.2%</b>		
Pôle 4	17.6%			<b>43.7%</b>	11.53
Pôle 5	11.7%			12.5%	<b>23.07%</b>
Mal défini	8.7%	8.3%	7.1%	18.7%	42.2%
Total					

Par ce simple tableau, on peut voir que les types 2 et 3 sont relativement bien définis et stables dans le temps sachant que la classification à dire d'expert s'est faite en 2001 et la méthode des ressemblances sur une enquête en 2003 et ce sur les données de 2002. En effet, 83.3 % pour le type 2 et 64.2% pour le type 3 se retrouvent dans le même type. Entre 8 et 14 % de ces grandes et moyennes exploitations se retrouvent entre les deux types et pourraient bien former un type intermédiaire ou en évolution entre ces deux types soit du fait d'une capitalisation en



animaux avec un passage vers le type 2 des grandes exploitations soit du fait d'une stabilisation du troupeau vers le type 3.

Pour les types 1 et 4, on voit un passage facile entre ces deux types dès que la pression ou le chargement augmente qui favorise le passage des exploitations du type 1 vers le type 4. Par contre pour le type 5 qui se caractérisait en 2000 par une forte instabilité avec plusieurs hypothèses d'évolution, on voit que près de 42.2% des exploitations restent dans une situation incertaine et sont du coup mal définies par la typologie, près de 23% n'ont pas évolué et 11.53% du fait de la capitalisation en animaux sans élargissement foncier s'acheminent vers le type 4.

Dès lors ces premiers éléments révèlent déjà des hypothèses d'évolution comme permettent de confirmer ou d'affiner la description des types avec une dimension temps. Ce sera l'objet du travail de stage d'Emilie Nataf. En outre ce travail doit nous permettre d'actualiser les données du modèle dont la liste des variables a été élaborée (Annexe 2).

## **V. PERSPECTIVES - CONCLUSION**

Dans le cadre du Conseil Scientifique, le principal point soulevé concernant l'activité de modélisation des exploitations laitières dans le cadre de l'Opération ELE 105 a concerné le transfert de l'outil à la coopérative laitière pour finaliser le travail. La démonstration de l'outil de modélisation dans une exploitation a montré les limites de l'outil pour le conseil pratique d'exploitation et l'intérêt de l'outil pour aider les agents de la SICA Lait à analyser les perspectives d'évolution des différents types d'exploitation dans le cadre d'un changement extérieur qu'il soit technique ou politique. Dans ce cadre, il a été proposé d'organiser un stage de 6 mois pour réaliser une interface et faciliter l'usage de l'outil par la coopérative. Pour accompagner l'utilisation de l'outil, un guide d'utilisation de l'outil et d'interprétation des résultats devraient faciliter son transfert.

Parallèlement le travail d'Emilie Nataf permettra de tester la fiabilité de l'outil à moyen terme en comparant les résultats de simulation en 2002 et les résultats d'enquête pour cette même année comme d'évaluer le poids de chaque exploitation dans la réalisation régionale des objectifs. Cela permettra d'approcher l'impact de certains changements sur la production laitière régionale.

## VI. BIBLIOGRAPHIE

- Alary V., Messad S., Tillard E., Approche fonctionnelle de la diversité des systèmes d'élevage laitiers à l'Ile de La Réunion. Utilisation de l'AFM (Analyse Factorielle Multiple) comme aide à l'interprétation de la variabilité inter et intra groupe. Rencontre Recherches Ruminants. 8 (2001) 251-255.
- Gousseff M., Grimaud P., Lecomte P., 2002. Approche de l'incidence environnementale des systèmes de production laitiers sur l'Ile de la Réunion. Rencontres sur les Recherches autour des Ruminants, 9,122.
- Ignizio J.P., 1978. A review of Goal Programming: A Tool for Multiobjective Analysis. J. Opl. Res. Soc., 29(11). Pp. 1109-19.
- Lecomte P., Boval M., Guerin H., Ickowicz A., Huguenin J., Limbourg P., 2002. Carbone et élevage de ruminants. Colloque International : Montpellier, 23-28 septembre 2002 Influences de la gestion de la biomasse sur l'érosion et la séquestration du carbone.
- Louhichi K., Fertil G., Alary V., Choisis J.P., Lepetit J., 2002. Apport de la modélisation économique à l'analyse prospective et l'aide au pilotage des systèmes d'élevage laitier à La Réunion. Rencontre Recherches Ruminants. 9, 57-60.
- Perrot C., Pierret P., Landais E., 1995, L'analyse des trajectoires des exploitations agricoles - Une méthode pour actualiser les modèles typologiques et étudier l'évolution de l'agriculture locale, Economie Rurale N°228, jul-Août 1995, pp.35-47
- Piech B., 1993. Application of Multiple Criteria Decision Making Method to Farm Planning: a Case Study, Agricultural Systems 41(1993), pp. 305-319.
- Romero C., Rehman T., 1989. Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions. Elsevier, Amsterdam, 257 p.
- Stilmant D., Fabry L., Parache P., Lecomte P., 2000. Appraisal and control of environmental incidence of dairy farming systems in East Belgium Normative vs farm practices approach.

## VII. PERSONNES RENCONTREES

NOM	FONCTION
EVENAT Y.	Directeur SICA Lait
JACQUES LE PETIT	SICA Lait
CHARLES-EMILE BIGOT	SICA Lait
GILDA FERTIL	URCOOPA
PATRICK THOMAS	U-AFP
J.F. HOUAREAU	Eleveur laitier
JEANNICK MARIANNE	Eleveur Laitier
PHILIPPE LHOSTE	CIRAD
JOSEPH DOMENECH	Directeur CIRAD-Emvt
BERNARD FAYE	Chef de programme Prod. Animales, CIRAD
GRIMAUD PATRICE	Pôle Elevage – La Réunion
PHILIPPE LECOMTE	CIRAD-Emvt
JACQUES BONY	Pôle Elevage – La Réunion
TILLARD EMMANUEL	Pôle Elevage – La Réunion
CHOISIS JEAN-PHILIPPE	Pôle Elevage – La Réunion
EDOUARDO CHIA	INRA SAD Dijon
COULOMB JEAN-BAPTISTE	INRA Clermont ferrand



# ANNEXES

## **ANNEXE 1**

### **DEFINITION DES POLES D'AGREGATION**

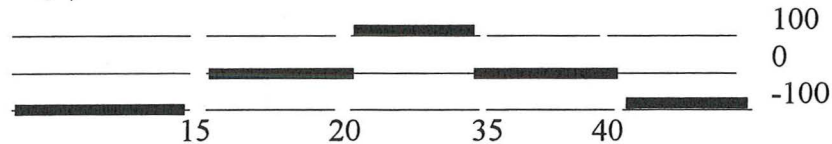


## Pôle 1

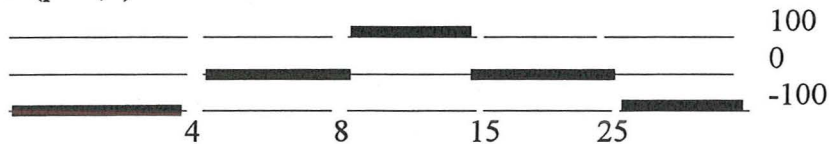
- Zone (p : 0,5)

-	Plaine des Grègues, St Joseph (3)	100
-	Plaine des Cafres (1), St Pierre (2)	0
-	Plaine des Palmistes (4)	-100

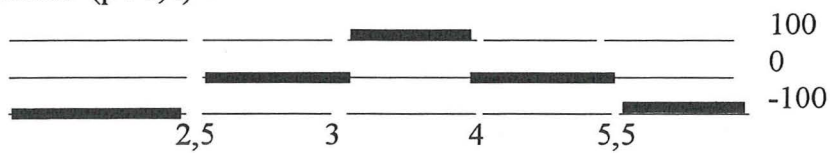
- VP (p : 0,2)



- Surface (p : 0,3)



- Chargement (p : 0,4)



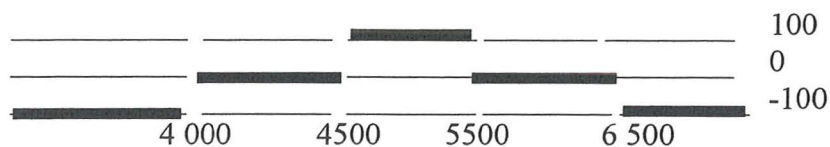
- Mode d'exploitation (p : 0,3)

-	Fauche en vert (3), foin (5)	100
-	Fauche ensilage (4), mixte (6)	0
-	Pâturage (2), parcours (1)	-100

- Végétation (p : 0,2)

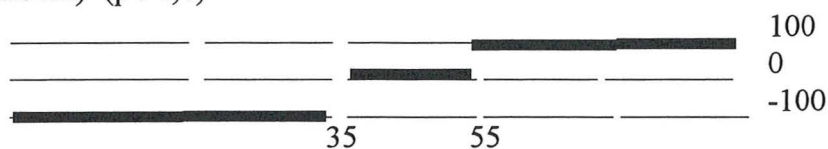
-	Chloris et espèces tropicales (1, 7, 8)	100
-	Kikuyu (6)	0
-	Espèces tempérées (2, 3, 4, 5)	-100

- Production lait (Pn/VL) (p : 0,3)

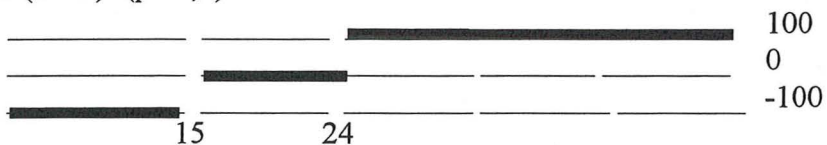


## Pôle 2

- VP (Effectif) (p : 0,4)



- Surface (SAU) (p : 0,3)



- Nombre de génisses de 1 à 2 ans (p : 0,4)



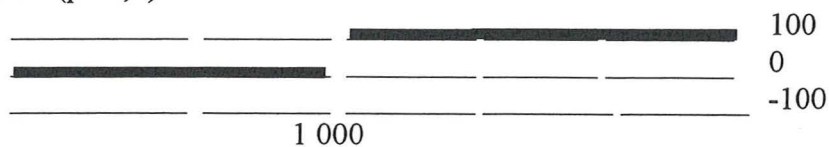
- Statut (p : 0,3)

-	GAEC ou SCEA	100
-	Individuel	0

- Végétation (p : 0,2)

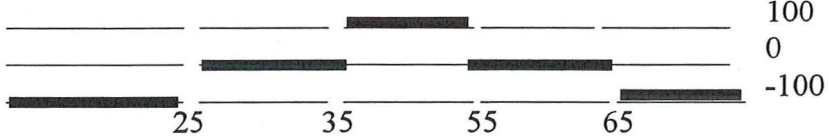
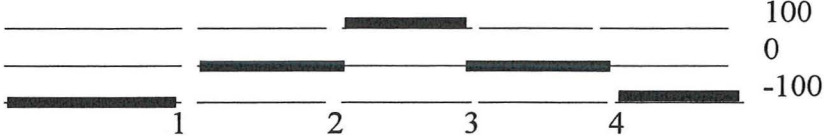
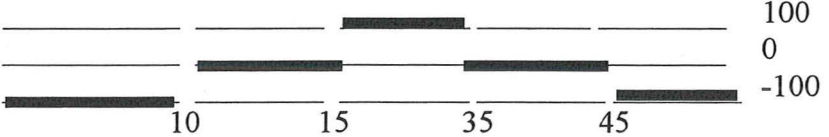
-	Espèces tempérées (2, 3, 4, 5)	100
-	Kikuyu (6)	0
-	Chloris et espèces tropicales (1, 7, 8)	-100

- Altitude (p : 0,2)



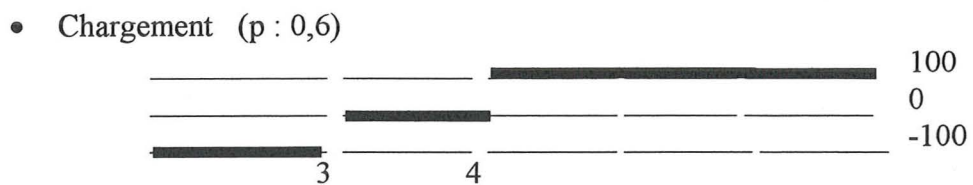
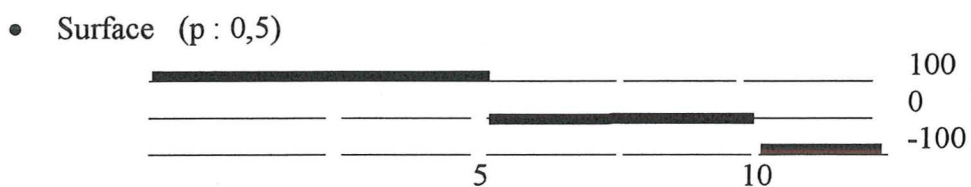
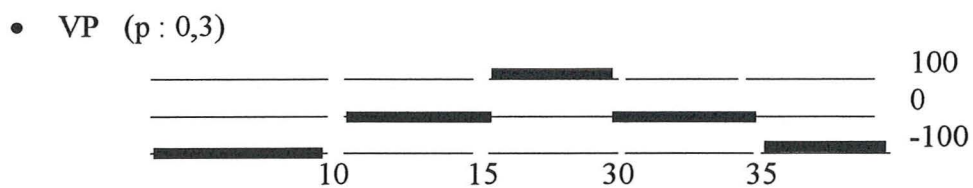


### Pôle 3

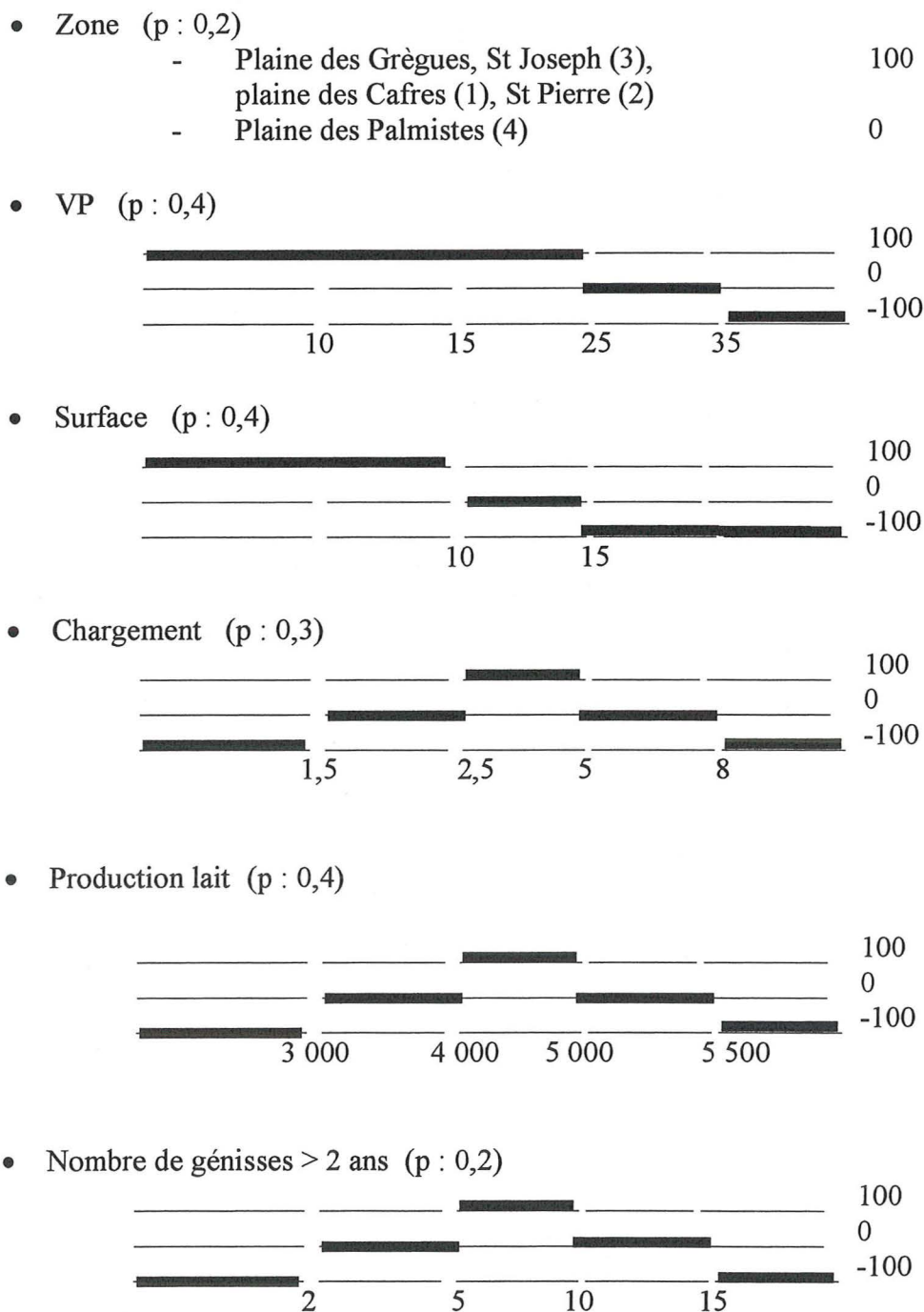
- Zone (p : 0,3)
  - Plaine des Palmistes (4) 100
  - Plaine des Cafres (1) 0
  - Plaine des Grègues (3), St Joseph (2) -100
  
- VP (p : 0,4)
 
  
- Chargement (p : 0,4)
 
  
- Surface de prairie de fauche (p : 0,3)
 
  
- Végétation (p : 0,2)
  - Espèces tempérées (2, 3, 4, 5) 100
  - Kikuyu (6) 0
  - Chloris et espèces tropicales (1, 7, 8) -100

## Pôle 4

- Zone (p : 0,3)
  - Plaine des Cafres (1) , St Pierre (2) 100
  - Plaine des Grègues, St Joseph (3) 0
  - Plaine des Palmistes (4) -100

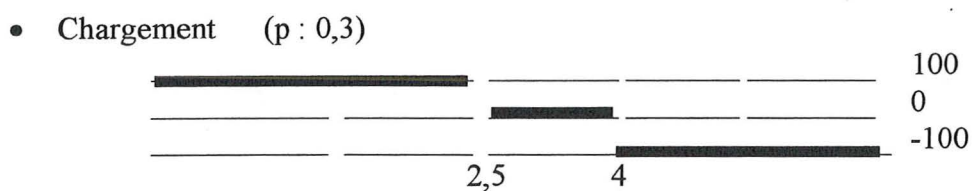


## Pôle 5



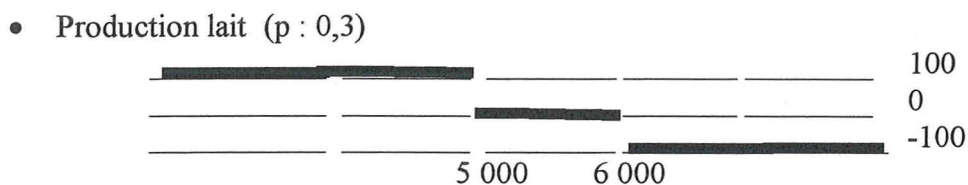
## Pôle 6

- Zone (p : 0,3)
  - Hauts de l'Ouest, plaine des Grègues, St Joseph (3) 100
  - Plaine des Cafres (1), St Pierre (2) 0
  - Plaine des Palmistes (4) -100



- Mode d'exploitation (p : 0,5)
  - Pâturage (2), parcours (1) 100
  - Fauche en vert (3), foin (5), mixte (6) 0
  - Fauche ensilage (4), -100

- Végétation (p : 0,3)
  - Kikuyu (6) 100
  - Espèces tempérées (2, 3, 4, 5) 0
  - Chloris et espèces tropicales (1, 7, 8) -100



## **ANNEXE 2**

### **DONNEES D'ACTUALISATION DU MODELE**

## Données d'actualisation du modèle

### RISQUE

REMIN	Revenu seuil	Enquête
COAR	Coefficient d'aversion au risque	Variable ajustement
DRDLTi	Durée de remboursement de la dette à long terme initiale	Compte de gestion

### SUBVENTION

NQ	Note qualitative	SICA
COT	coefficient de taille	SICA
COP	Coefficient de productivité	SICA
EFPDL	Effectif inscrit dans l'ancien PDL	SICA
COTR	Coefficient de transparence	SICA

### REGION

Tlaboui	Limite terre labourable en propriété SAFER	U-AFP
Tfrichei	Limite terre friche en propriété SAFER	U-AFP

### PRIX

pcvm	Prix de vente (moyen de coupe) des fourrages en F/T MS	Enquete
etypc	Variation des prix de vente de fourrages (écart type)	Calcul
pmoyen	Prix moyen des fertilisants	U AFP
ecartp	Ecart type des prix des fertilisants	U AFP
psemence	prix moyen des semences	U AFP
pa	Prix d'achat moyen des animaux selon le potentiel	Enquete
etyani	Ecart type des prix d'achat des animaux	calcul
laip	Prix de vente anticipé du lait (sans subvention)	SICA
Sublait	Subvention reçue dans le cadre de l'article 10	SICA

**FERTILISATION**

Implant	Besoin des prairies en fertilisation au début de chaque période (norme régionale)	U-AFP
ferdos	Besoin des prairies en fertilisation après chaque coupe pâture (norme régionale)	U-AFP
besem	Besoin des prairies en semence	U-AFP
besfcs	Besoin de la canne en fertilisation par période (normes)	U-AFP
coefert	Coefficient de correction des besoins par région	U-AFP

**DFINANCIERE**

CHAFIX	Charges fixes (assurance (autre que les animaux) impôts, eau gaz électricité, frais postaux et télécommunication	CERFA/CA	Assurance animaux: enquête
DOAMO	Dotations aux amortissements (autre que matériel bâtiment)	CERFA/CA	
AMOSUB	Amortissement des subventions (autre que matériel bâtiment)	CERFA/CA	
TRESO	Trésorerie initiale	CERFA/CA	Trésorerie de l'année/Bilan actif
DLTR	Dette à long terme restante au début de l'horizon de planification	CERFA/CA	Bilan Passif
CRCT	Crédit banque à court terme	CERFA/CA	Bilan Passif
DCTi	Dette à court terme hors crédit	CERFA/CA	Bilan Passif
CREANi	Créance initiale	CERFA/CA	Bilan actif
PDLi	Montant du PDL initial reçu	SICA	
perso	Prélèvement privé par répiode	CERFA/CA	Bilan passif

**ANIMAUX**

anim	Nombre d'animaux par type et exploitation	Enquête
Kcalbas	Besoin d'entretien par jour et par catégorie d'animaux	CIRAD
Kcallait1	Besoin journalier des vaches pour produire du lait (selon le potentiel moyen laitier)	CIRAD
Chaope	Charges opérationnelles : soins veto, reprod, frais elevage, def animaux	CERFA/CA
Chastr	Charges de structure : assurance, cotisation, autre frais	CERFA/CA

**INVESTISSEMENT**

Coamep	Coût d'amélioration des prairies (inclus coût d'éperrillage manuel, destruction chimique de végétation, cltore perenne, analyse de sol et des plantes)	U AFP
Suamep	Subvention à l'amélioration des prairies	U AFP
Cocrep	Coût de création des prairies (inclus coût de défrichement et de travail de sol)	U AFP



Sucrep	Subvention à la création de prairie	U AFP
Corenc	Coût de renouvellement de la canne à sucre (hors mécanisation et main d'œuvre)	CERFA/CA
Surenc	Subvention au renouvellement de la canne à sucre	CERFA/CA
<b>ALIMENTFOUR</b>		
Qual	Variation de qualité selon le nombre de coupe	CIRAD/ U AFP
valimco1	Valeur alimentaire des concentrés	CIRAD/URCOOPA
<b>VALEURALIM</b>		
vali	Valeur alimentaire des fourrages	CIRAD/U AFP
<b>MECANISATION</b>		
besmecd1	Besoin des prairies en mécanisation au début de période	U AFP
besmecc	Besoin des prairies en mécanisation après chaque coupe-pâturage	U AFP
coetrac	Coefficient de correction des besoins de traction selon les régions	U AFP
Bhmreco	Besoin des prairies en mécanisation par mode de récolte	U AFP
Coetrec	Coefficient de correction des besoins (par mode de récolte) par région	U AFP
<b>MDOUVRE</b>		
besmod	Besoins des prairies en main d'œuvre au début année (en heure/ha)	U AFP
mofau	Besoins des prairies en main d'œuvre (coupe uniquement) en heure par ha	U AFP
<b>MATERIEL</b>		
Prac	Prix d'achat du matériel (avec subvention: 30%)	U AFP
Prlo	Prix horaire de location de matériel (avec subvention: 30%)	U AFP
camo	Coût horaire moyen d'amortissement de matériel (avec subvention: 30%)	U AFP
Cent	Coût horaire moyen d'entretien, réparation et carburant (avec subvention: 30%)	U AFP
Coamo	Coefficient de correction du coût d'amortissement par groupe	U AFP
coent	Coefficient de correction des coûts d'entretien, réparation et carburant par groupe	U AFP

Nbht	Durée d'utilisation moyenne réelle de matériel par période	U AFP		
meca	Disponibilité initiale en matériel par exploitation type	Enquête		
<b>TERRE</b>				
Tdispin	Terre disponible (totale) initiale	Enquête		
TLFprop	Terre facilement labourable (mécanisable) initiale (en propriété)	Enquête		
TLDprop	Terre difficilement labourable (mécanisable) initiale (en propriété)	Enquête		
Tfrichein	Terre en friche initiale	Enquête		
TLDiloyin	Terre difficilement labourable louée initiale	Enquête		
TLDicedin	Terre difficilement labourable cédée initiale	Enquête		
TLFaloyin	Terre facilement labourable louée initiale	Enquête		
TLFacedin	Terre difficilement labourable cédée initiale	Enquête		
Airexe	Aire d'exercice	Enquête		
Impamenag	Terre en friche impossible d'aménagée	Enquête		
syscul	Occupation du sol pour les terres labourables année précédente (type de prairie, mode de récolte)	Enquête		
<b>FOURRAGES</b>				
rdtfau	Rendements moyens des prairies et des cultures (TMS/ha)	CIRAD/ U AFP		
coeffreg	Coefficient de correction des rendements par région	CIRAD/ UAFP		
<b>AUTRES PARAMETRES DANS LE MODELE (Source)</b>				
Ptlaf	prix de la location (par période) de la terre facilement labourable (fauche)	1000	enquête	
Ptlad	prix de la location (par période) de la terre difficilement labourable (pâturage)	500	enquête	
PLMO	prix de location de la main d'œuvre par heure	62	cerfa	
CUMP	Salaire et charges salariales de la main d'oeuvre permanent par période	42000	cerfa	
LF	nombre d'heure de travail possible par période	1508	Norme	
MOFAM	nombre de main d'œuvre familiale par exploitation (UTA)		Enquête	UTA
MOPER	nombre de main d'œuvre salarie par exploitation		Enquête	Salarié

balcan	Balle de canne commercialise SICALAIT	15000 SICA
pdbalcan	Poids moyen des balles de canne en MS	185.8 SICA
surcan	Surface totale canne en hectare	25000 Industrie cannière
rdtbag	Rendement bagasse en TMS par hectare	8.8 Industrie cannière
QSTOin	Stock initial des produits (tonnes) achetés	Enquete
QSTOin	Stock initial des produits (tonnes) produits	Enquete
bescan	Besoin en semence pour la canne à sucre	10 Industrie cannière
AZO	G d'azote dans le type de fertilisant donnée	URCOOPA / U AFP
TFAN	Temps en heures par ha fane	10.7 U AFP
Hypo1	Prix d'achat des fourrages=1.1* prix de vente des fourrages (10% de coût de transaction (transport...))	Estimation
TFE	Taux régional de fertilité	0.83 CIRAD
TRMF	Taux régional de répartition male femelle	0.5 CIRAD
MOGB	Heures de main d'oeuvre par UGB lait et par période	18 Norme
TREF	Taux de reforme par période par type d'exploitation	CIRAD
TRGB	Heures de traction mécanique par UGB lait et par période	2 U AFP
repro	Nb de veau par vache hors renouvellement	0.42 CIRAD
encomtbov	Total d'ingestion de matière sèche par animal (niveau d'encombrement)	Normes
pav	Prix de vente espéré en Fr par animal	enquete
coeftec	Coefficient pour chargement technique tout cheptel compris	Norme
AIPDL	Aide PDL par tête (1999 et 2000 PDL bloque)	SICA
entbat	Charge entretien bâtiment au m2	5 SICA
amobat	Charge amortissement bâtiment au m2 avec subvention (50%)	15 SICA
consbat	Coût annuel en F du m2 construit avec subvention (50%) (ss entretien et amortisst)	300 SICA
disnursi	Disponible en place nurseries	Enquête
disbat	Disponible en bâtiment (en m2)	Enquête
Besbat	Besoin en bâtiment en m2 par catégorie d'animal	norme
V	Valeur du point qui est exogene (fixée par l ODEADOM)	121 SICA

txct	Taux d'intérêt a court terme	0.081 Cerfa
txlt	Taux d'intérêt a long terme	0.048 Cerfa
txpl	Taux d'intérêt de placement	0.02 Cerfa
tactua	Taux d'actualisation	0.04 Cerfa